

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

В. Джамєєв

МЕХАНІЗМИ РЕЦЕПЦІЇ ТА ВНУТРІШНЬОКЛІТИННОГО СИГНАЛІНГУ У РОСЛИН



Навчальний посібник

- Призначення, структура і принципи функціонування сигнальних систем клітин
- Рецепція зовнішнього сигналу
- Передача сигналу всередині клітини
- Механізми передачі сигналу рослинних гормонів

Харків — 2016

УДК 577.2
ББК 28.070
Д 40

Рецензенти:

Колупаєв Ю. Є. — доктор біологічних наук, професор, зав. кафедрою ботаніки та фізіології рослин Харківського національного аграрного університету імені В. В. Докучаєва;

Перський Є. Е. — доктор біологічних наук, професор, зав. кафедрою біохімії Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради
Харківського національного університету
імені В. Н. Каразіна
(протокол № 5 от 3.11.14 р.)

Джамєєв В. Ю.

Д 40 **Механізми рецепції та внутрішньоклітинного сигналінгу у рослин : навчальний посібник / В. Ю. Джамєєв. — Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2016. — 208 с.**

ISBN 978-966-285-280-6

У навчальному посібнику викладаються основні відомості про внутрішньоклітинну сигналізацію рослин. Описані структура, властивості та особливості функціонування компонентів внутрішньоклітинних сигнальних систем, механізми рецепції та трансдукції зовнішніх сигналів у рослинних клітинах. Книга написана на основі лекційного матеріалу до спеціального курсу «Внутрішньоклітинні сигнальні системи рослин» і призначена для студентів, які навчаються на біологічних факультетах класичних університетів, а також у вищих навчальних закладах аграрного та педагогічного профілів. Посібник може бути також цікавим для аспірантів, викладачів, науковців та всіх, хто захоплюється біологією.

УДК 577.2
ББК 28.070

© Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна, 2016

© Джамєєв В. Ю., 2016

© Джамєєв В. Ю., макет, 2016

© Джамєєв В. Ю., макет обкладинки, 2016

ISBN 978-966-285-280-6

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ЗНАЧЕННЯ, СТРУКТУРА ТА ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИГНАЛЬНИХ СИСТЕМ КЛІТИН	
1.1. Значення сигнальних систем у біологічних об'єктах	8
1.2. Компоненти сигнальних систем	10
1.3. Сутність передачі сигналу	11
1.4. Ефект посилення в сигнальних системах	16
1.5. Транскрипційний каскад	17
1.6. Типи сигнальних механізмів	19
1.7. Дерепресорні сигнальні механізми	20
1.8. Система убіквітин-опосередкованої деградації білків	21
1.8.1. Етап перший — вибір субстрату	22
Убіквітин і убіквітинуювання	22
Убіквітинуючий комплекс	25
Структура SCF-подібної убіквітинуючої лігази	27
Регуляція активності SCF-лігази	27
Зв'язування субстрату з убіквітинуючою лігазою	28
Особливості білків-мішеней убіквітинуючої лігази	29
1.8.2. Етап другий — деградація субстрату	29
26S протеасома	29
Структура 26S протеасоми	30
Корова 20S протеасома	31
Регуляторна 19S частинка	32
Особливості функціонування 26S протеасоми	32
2. РЕЦЕПЦІЯ ЗОВНІШНЬОГО СИГНАЛУ	
2.1. Загальна характеристика клітинних рецепторів	34
2.1.1. Що таке рецептор?	34
2.1.2. Структурно-функціональні особливості рецепторів	35
Субодинична та доменна структура	35
Основні механізми активації рецепторів	36
Функціональна активність	38
2.2. Ліганд-зв'язуючі рецептори	39
2.2.1. Локалізація ліганд-зв'язуючих рецепторів	41

2.2.2. Зовнішні рецептори	42
Рецептор-подібні кінази	42
Гістидинові рецепторні кінази	46
Гібридні гістидинові кінази	46
Прокаріотичні двокомпонентні сигнальні системи	46
Двокомпонентні багатокрокові сигнальні системи рослин	48
Етиленові рецептори	51
2.2.3. G-білок сполучені рецептори (GPCR)	53
G-білок сполучені рецептори тварин	53
G-білки GPCR-типу (GTG)	54
2.2.4. Рецептори-каналоформери	55
2.2.5. Внутрішньоклітинні рецептори	57
Ядерні рецептори тварин	57
Внутрішньоклітинні рецептори рослин	59
F-box рецептори	59
Гормон-чутливі ліпази	61
START-домен рецептори	63
2.3. Світлові рецептори	64
2.3.1. UV-B рецептори	65
2.3.2. Фототропіни	66
Відкриття та функції	66
Структура	67
Світлова активація	68
2.3.3. Криптохроми	71
Функції	71
Структура та механізм активації	72
2.3.4. Фітохроми	74
Різноманітність і значення фітохромів	74
Структура фітохромів	77
Фотосенсорний район	78
Димеризаційний район	78
Активація фітохромів і передача світлового сигналу	79
Світлозалежні зміни структури фітохромів	79
Перенесення фітохромів у ядро	79
Регуляція активності фітохрому	81
Модуляція активності мішеней фітохрому	82
Короткий опис механізму світлової активації фітохрому.	84
3. ПЕРЕДАЧА СИГНАЛУ ВСЕРЕДИНІ КЛІТИНИ	85
3.1. G-білки	85
3.1.1. Гетеротримерні G-білки	86
3.1.2. Мономерні (малі) G-білки	90
Різноманітність мономерних G-білків	90
Сигнальні мономерні G-білки	91

3.2. Ефекторні молекули та вторинні месенджери	93
3.2.1. Фосфоліпази	94
Фосфоліпази D	96
Фосфоліпази C	99
Поліфосфоінозитид-залежні фосфоліпази C	100
Фосфатидилінозитол і його похідні	101
PI-PLC-опосередкований сигналінг	106
Фосфоліпази A ₂	109
Октадеканοїдний шлях	111
Функції фосфоліпази A ₂	114
Фосфоліпази A ₁ і B, лізофосфоліпази A	114
Взаємодія фосфоліпаз	115
3.2.2. Оксид азоту (II) та NO-сигналінг	116
Оксид азоту	116
Хімічні та антиоксидантні властивості NO	117
Шляхи утворення NO	118
Нітрат/нітрит-залежні ферментативні шляхи	118
Аргінін-залежні шляхи синтезу	119
Нітрит-залежні неферментативні шляхи	121
NO-сигналінг	122
Нітрозилювання металів	122
S-нітрозилювання цистеїну	124
Нітрування тирозину	126
Зв'язок NO і Ca ²⁺ -сигналів	126
3.2.3. Нуклеотидциклазні сигнальні системи	127
Аденілатциклазна система	128
Ферменти аденілатциклазної системи	128
Роль сАМР у регуляції активності протеїнкінази А тварин	132
Значення сАМР у регуляції активності катаболітних генів у бактерій	133
сАМР-регульовані білки рослин	134
Гуанілатциклази та сGMP	136
3.3. Іони кальцію в системі передачі сигналу	138
3.3.1. Структура Ca ²⁺ -зв'язуючих білків	140
3.3.2. Транспортні системи, що кодуєть кальцієвий сигнал	143
Екстраклітинний транспорт кальцію	143
Ca ²⁺ -АТРази	143
Ca ²⁺ /H ⁺ -антипортери	145
Індуковане надходження кальцію в цитоплазму	146
Потенціал-керовані канали	146
Ліганд-керовані канали	147

3.3.3. Декодування Ca ²⁺ -сигналу	149
Активація кальмодулін-залежних білків	149
Модуляція активності транскрипції кальмодуліном	150
Модуляція активності білків кальцій-залежними кінзазами	151
3.4. Ковалентна модифікація сигнальних посередників	154
3.4.1. Значення оборотної ковалентної модифікації	154
3.4.2. Рослинні протеїнові кінзази	156
Кальцій-залежні протеїнові кінзази	157
SnRK — SNF1-подібні кінзази	160
Рецептор-подібні кінзази	162
MAP кінзази	164
Циклін-залежні кінзази (CDK)	165
Казеїнові кінзази CK1 і CK2	167
Родина GSK3/Shaggy	168
CTR1/Raf-подібна родина	169
3.4.3. Протеїнові фосфатази	169
Класифікація фосфатаз	170
Серин/треонінові фосфатази	170
Тирозинового фосфатази	172
Рослинні фосфатази	174
Різноманітність рослинних фосфатаз	174
Значення рослинних фосфатаз	175

4. МЕХАНІЗМИ ПЕРЕДАЧІ СИГНАЛУ РОСЛИННИХ ГОРМОНІВ

4.1. Регуляція транскрипції ауксин-регульованих генів	177
4.1.1. Регулятори транскрипції ауксин-регульованих генів та їхня доменна структура	177
4.1.2. Участь Aux/IAA і ARF у регуляції експресії ауксин-регульованих генів	178
4.2. Передача цитокінінового сигналу	181
4.3. Трансдукція гіберелінового сигналу	184
4.4. Передача сигналу АБК через START-домен рецептори	186
4.5. Сприйняття та трансдукція етиленового сигналу	187
4.6. Рецепція та трансдукція брасиностероїдного сигналу	190

ЛИТЕРАТУРА 195

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ 201

ПОКАЖЧИК ТЕРМІНІВ 204